

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

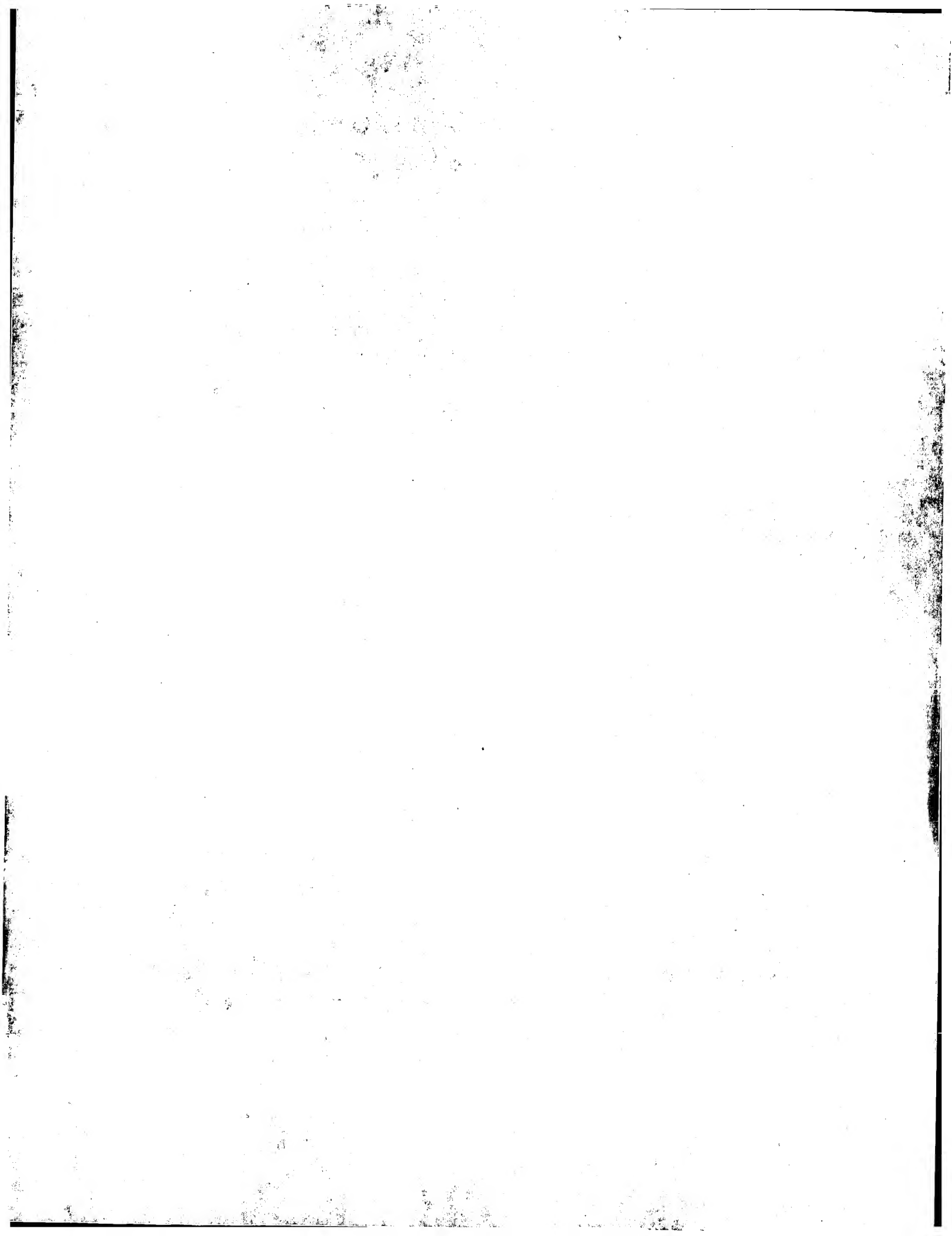
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



02 P 15 80 1



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑤1 Int. Cl. 7:
H 04 R 25/00

⑨7 EP 0 634 084 B 1

⑩ DE 693 27 951 T 2

⑦1 Deutsches Aktenzeichen: 693 27 951.6
 ⑧5 PCT-Aktenzeichen: PCT/DK93/00106
 ⑨6 Europäisches Aktenzeichen: 93 908 828.2
 ⑨7 PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 93/20668
 ⑧6 PCT-Anmeldetag: 23. 3. 1993
 ⑥7 Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: 14. 10. 1993
 ⑨7 Erstveröffentlichung durch das EPA: 18. 1. 1995
 ⑨7 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 1. 3. 2000
 ④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 17. 8. 2000

⑩0 Unionspriorität:
43292 31. 03. 1992 DK

⑦3 Patentinhaber:
GN Resound A/S, Taastrup, DK

⑦4 Vertreter:
Patentanwälte Eisele, Dr. Otten, Dr. Roth & Dr.
Dobler, 88212 Ravensburg

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:
CH, DE, FR, GB, LI

⑦2 Erfinder:
HANSEN, Skovgaard, Roy, DK-2791 Dragør, DK

⑤4 HÖRGERÄT MIT AUSGLEICH DER AKUSTISCHEN RÜCKKOPPLUNG

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 693 27 951 T 2

DE 693 27 951 T 2

31.03.00

EP 93 908 828.2 / 0 634 084
GN Resound A/S

Hörgerät mit Ausgleich der akustischen Rückkopplung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein digitales Hörgerät mit Ausgleich der akustischen Rückkopplung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein entsprechendes Hörgerät mit digitaler Unterdrückung oder Ausgleich der akustischen Rückkopplung ist von der früheren europäischen Patentanmeldung des Anmelders mit der Nr. 90 309 342.5 (Veröffentlichungsnummer EP-A2-0 415 677) bekannt. Die vorliegende Anmeldung bezieht sich auf diese europäische Anmeldung, die am 24. August 1990 eingereicht wurde.

Von der EP-A2-0 415 677 ist bekannt, dass wenn Veränderungen der Signale im akustischen Rückkopplungspfad eintreten, der Digitalfilter und die Veränderungen der Filterkoeffizienten überwacht werden können, indem eine digitale Schaltung die Aktualisierung der Filterkoeffizienten überwacht und kontrolliert.

Die beabsichtigte Funktionsweise eines solchen Hörgerätes hat sich bereits in der Praxis bewiesen. Ein Oszillieren des Hörgerätes wird dadurch verhindert, dass die Kompensation, die durch ein Aktualisieren der Koeffizienten im Rückkopplungskreis des Digitalfilters erreicht wird, mittels eines Algorithmus umgesetzt wird, der den Fehler im Filter

Filter berücksichtigt, das heißt den Unterschied zwischen der tatsächlichen Einstellung des Filters und der Soll-Einstellung. Ein entsprechendes Hörgerät kann sich jedoch nicht immer an plötzliche Veränderungen im akustischen Rückkopplungskanal anpassen, obwohl es die entstandene Rückkopplung ausgleichen kann. Aufgrund der langsamen Anpassung können unerwünschte Geräusche entstehen, die vom Benutzer des Hörgerätes wahrgenommen werden können.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Hörgerät erhöht die Anpassungsgeschwindigkeit, ohne hiermit irgendeine Unannehmlichkeit für den Benutzer zu verursachen. Um das Oszillieren des Gerätes sicher zu verhindern, muss die Funktion oder der Algorithmus, der die Aktualisierung der Koeffizienten im Kompensationskreis des Filters überwacht, in Erwägung ziehen, dass der Filterfehler von der Anzahl der Koeffizienten, dem Signal-Geräusch-Verhältnis, dem Eingangspegel, der Lautstärke und vom Grad der Impulsbegrenzung im Begrenzerkreis abhängt. Einerseits kann sich eine so umfassende Funktion oder ein so umfassender Algorithmus nicht so schnell an Veränderungen im akustischen Rückkopplungspfad anpassen, aber andererseits wird hiermit eine zuverlässige und exakte Einstellung des Filters unter stationären Bedingungen im Rückkopplungspfad möglich.

Diese Aufgabe wird ausgehend von einem erfindungsgemäßen Hörgerät durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Die Aktualisierung der Filterkoeffizienten erfolgt nach einer Auswahl unter verschiedenen Anpassungsraten, so dass das Hörgerät zwischen alternativen Anpassungsraten auswählen kann, wenn eine signifikante Änderung im akustischen Rückkopplungspfad erfolgt. Wenn beispielsweise eine Veränderung eine größere akustische Rückkopplung hervorruft, kann das Hörgerät sofort eine größere

Anpassungsrate auswählen. Beispielsweise kann dies dadurch erfolgen, dass gegenüber dem vorgeschriebenen Grundalgorithmus zusätzlich mehr Rauschen und/oder eine erhöhte Anpassungsgeschwindigkeit hinzukommt. Die schnelleren Bedingungen bleiben so lange erhalten, bis der Stromkreis ermittelt hat, dass die Koeffizienten wieder stabil sind. Danach wechselt der Stromkreis wieder automatisch auf die Grundanpassungsrate der permanenten Einstellung des elektronischen Ausgleiches zurück.

Für ein derartiges Hörgerät sind zwei Anpassungsraten ausreichend, eine schnelle und eine Grundanpassung. Mit verschiedenen Hörgeräten kann eine Vielzahl von Anpassungsraten mit unterschiedlichen Anpassungsgeschwindigkeiten und möglicherweise unterschiedlichen Anpassungsfunktionen realisiert werden, die durch die digitale Schaltung gesteuert und durch die Filterkoeffizienten überwacht werden.

Ein Hörgerät, das eine Grundanpassung mit einer schnellen oder schnelleren Anpassung koppelt, kann im Vergleich mit Hörgeräten, die lediglich eine Grundanpassung besitzen, deutlich schneller auf bedeutsame Änderungen im akustischen Rückkopplungspfad reagieren, obwohl das erfindungsgemäße Hörgerät zum Beispiel im Grundalgorithmus 6 dB weniger Rauschen einspeist.

Wenn aufgrund gemessener Veränderungen der Schaltkreis von einer Grundanpassungsrate zu einer anderen Rate wechselt wie beispielsweise zu einer schnelleren Anpassungsrate, wird dies vorteilhafterweise durch eine statistische Überwachung der Filterkoeffizienten erzielt. Beispielsweise tritt eine signifikante Änderung im akustischen Rückkopplungspfad ein, wenn einer oder mehrere Koeffizienten während der Veränderung über die berechnete vierfache Standardabweichung hinausreicht.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand der Figuren nachfolgend näher erläutert.

Im Einzelnen zeigen

- Fig. 1 ein Blockdiagramm des erfindungsgemäßen Hörgerätes,
- Fig. 2 eine Detailldarstellung des Blockdiagramms aus Fig. 1,
- Fig. 3 ein Blockdiagramm des Anpassungsteils aus Fig. 1 und 2,
- Fig. 4 und 5 ein Blockdiagramm eines binären Pseudo-Zufallgenerators und eine Variante desselben,
- Fig. 6 ein Blockdiagramm der Rauschpegelkontrollschaltung im Hörgerät aus Fig. 2

Ausführungsbeispiel

Figur 1 zeigt ein Hörgerät einschließlich eines Empfängers, bestehend beispielsweise aus einem Mikrofon 5, einem Vorverstärker 7, einer digitalen Anpassungsschaltung 3, einen Ausgangsverstärker 9 und einen Tonwiedergabeeinheit 11 wie beispielsweise ein miniatur-elektro-akustischer Wandler.

Der Vorverstärker 7 sowie der Ausgangsverstärker 9 sind gewöhnliche Ausführungen, wie sie beispielsweise in der

erwähnten europäischen Anmeldung Nr. 90 30 93 43.5 eingesetzt werden.

Die digitale Anpassungsschaltung 3 ist innerhalb des punktierten Rahmens in der Verbindung 13 zwischen dem Vorverstärker 7 und dem Ausgangsverstärker 9 dargestellt. Obwohl die Schaltung 3 eine Mischung aus analoger und digitaler Schaltung sein kann, wird sie im Ausführungsbeispiel als rein digitale Schaltung verwendet.

Der Eingang der Schaltung 3 besteht aus einem Analog/Digital-Wandler 17 und der Ausgang der Schaltung besteht aus einem Dialog/Analog-Wandler 19. In der Schaltung c, d, e, und f zwischen dem Eingang 17 und dem Ausgang 19 befindet sich eine bekannte digitale Grenzwertstufe 15, wie sie beispielsweise von der erwähnten europäischen Anmeldung Nr. 90 30 93 42.5 bekannt ist. Die Aufgabe der Grenzwertstufe 15 ist, wie bereits in der besagten europäischen Anmeldung erklärt, zu verhindern, dass das elektrische Signal den linearen Bereich des Ausgangsverstärkers 9 und des Wandlers 11 nicht überschreitet.

Der Summierer 21 ist im Pfad zwischen der Grenzwertstufe 15 und dem D/A-Wandler 19 geschaltet. Der Summierer 21 dient als Einleitungspunkt eines Rauschens N, das später erklärt wird. Ein Subtrahierer 23 ist in den Pfad zwischen dem A/D-Wandler 17 und der Grenzwertstufe 15 geschaltet. Der Subtrahierer 23 schließt die Einleitung der elektrischen Rückkopplung mit ein, die ebenfalls später erklärt wird.

Der normale Weg eines Soll-Signals vom Mikrofon 5 zum Wandler 11 verläuft über den direkten Weg a-b-c-d-e-f-g-h, der in Figur 1 dargestellt ist. An dieser Stelle wird daran erinnert, dass der elektrische Pfad a, b, c und h für analoge Signale ausgelegt ist und deshalb gewöhnlich nur einen Leiter enthält, während der elektrische Pfad c, d, e und f für

digitale Signale ausgelegt ist und abhängig von der Anzahl der Bits des A/D-Wandlers 17 dagegen eine entsprechende Anzahl von parallelen Leitungen besitzt, wie beispielsweise 8 oder 12 Leitungen.

Die elektrische Rückkopplung wird vom Abgriff 25 im Gebiet f in den digitalen Signalpfad zwischen dem Summationspunkt 21 und dem D/A-Wandler 19 abgeleitet. Das bedeutet, dass das elektrische, digitale Rückkopplungssignal einen Rauschpegelanteil enthält. Das Rückkopplungssignal wird durch einen anpassungsfähigen Filter 27 geleitet, dargestellt als sogenannter "Finite-Impulse-Response Filter" (FIR Filter). Daran anschließend wird das Rückkopplungssignal über den digitalen Signalpfad m zum Subtraktionsglied 23 geführt. Das digitale Signal vom Abgriff 25 wird vorteilhafterweise über einen Verzögerer 29 geführt, bevor es dem FIR-Filter 27 als digitales Signal 41 über die Leitung k zugeführt wird. Die Verzögerung des Verzögerers 29 besitzt die gleiche Größenordnung wie die Verzögerung, die der minimalen akustischen Pfadlänge zwischen dem Wandler 11 und dem Mikrofon 5 entspricht. Es ist nicht notwendig, dass eine entsprechende Verzögerung mittels Verzögerer 29 eingebracht wird, jedoch wird hiermit eine signifikante Redundanz im Filter und im Korrelator vermieden, so dass sich die Gesamtschaltung vereinfacht. Die Impulsempfindlichkeit des Filters 27 wird, kontrolliert von den Koeffizienten des Korrelators 31, ständig abgeglichen. Der Korrelator 31 sucht fortlaufend nach dem Verhältnis zwischen dem eingespeisten digitalen Rauschen und einem Rauschanteil im Restsignal in der Verbindung d nach dem digitalen Subtraktionsglied 23. Der Rauschgenerator 33 speist das Rauschsignal N nach dem Abgleich im Regler 35 über das digitale Summationsglied 21 in die Schaltung ein. Das Rauschsignal ist über einen zweiten Verzögerer 37 über einen Referenzeingang am Korrelator 31 gekoppelt, der ebenfalls eine Verzögerung in der gleichen Größenordnung besitzt, die der minimalen akustischen Weglänge

zwischen dem Wandler 11 und dem Mikrofon 5 über den Signalpfad n entspricht. Das Restsignal im Leiter d bildet das Eingangssignal des Korrelators 31, in den das Signal über den Punkt 39 der Leitung d und mittels der digitalen Leitung 57 führt.

Zusätzlich zu dem oben Genannten ist eine Schaltung 79 als Algorithmus-Kontrolleinheit vorhanden, welche den Algorithmus bestimmt, die mit den Koeffizienten, welche der Korrelator 31 an den Filter 27 sendet, übereinstimmen, so dass die Algorithmus-Kontrolleinheit 79 über die digitalen Verbindungen 80 und 81 ständig den Korrelator 31 überwacht und kontrolliert. Die Algorithmus-Kontrolleinheit 79 kontrolliert weiterhin die Erzeugung des digitalen Rauschens im Rauschgenerator 33, in dem sie den Pegel der Schaltung 35 über den Leiter 82 reguliert. Darüber hinaus wird das Restsignal vom Abgriff 39 über die Leitung 84 abgerufen, die Amplitude des Rauschsignals wird über die Leitung 83 abgerufen (siehe Figur 2) und das Lautstärkesignal wird über die Leitung 86 abgerufen, welches später erklärt wird.

Das elektrische Signal von Punkt 25 wird über den Verzögerer 29 zum FIR-Filter 27 und zum Subtraktionspunkt 23 als Endrückkopplungssignal geführt, wo die Subtraktion mit dem Eingangssignal ausgeführt wird. Idealerweise stimmt das Rückkopplungssignal mit dem unerwünschten akustischen Rückkopplungssignal vollständig überein, das über den Rückkopplungspfad w vom Wandler 11 zum Mikrofon 5 geleitet wird. Wenn das Rückkopplungssignal und das Signal von der akustischen Rückkopplung vollständig identisch sind, gibt es kein Restsignal der akustischen Rückkopplung in der Leitung d, da das digitale Rückkopplungssignal von der Leitung m die akustische Rückkopplung vollständig auslöscht.

Damit der Filter 27 richtig eingestellt werden kann, wird das Rauschsignal N zum Ausgangssignal über den Summationspunkt 21

nach der Pegeleinstellung in das Schaltungsglied 35 hinzugefügt. Das Rauschsignal ist sowohl im inneren Rückkopplungskreis 3 als auch im äußeren akustischen Rückkopplungspfad w vorhanden. Das Rauschsignal passiert den D/A-Wandler 19 über den Verstärker 9, erreicht den Wandler 11 und wird in ein akustisches Signal umgewandelt, das sich auf das Soll-Signal legt. Der Pegel des Rauschsignals wird so eingestellt, dass der Benutzer des Hörgerätes nicht belästigt wird.

Die besagten zwei Signale löschen sich in der Praxis nicht vollständig aus und ein leises Rauschen oder eine andere Rückkopplung wird im Restsignal in der digitalen Leitung d gefunden, das dann vom Korrelator 21 erfasst wird, der fortlaufend das Verhältnis zwischen dem Restsignal und der verzögerten Version des Rauschsignals N sucht. Das Ausgangssignal des Korrelators 31 drückt das Restsignal aus und wird durch Ändern der Filterkoeffizienten für die Kontrolle des Filter 27 benutzt. Die Anpassung ist dann erfolgt, wenn der Filter 27 konstant eingeregelt ist, so dass das Rückkopplungssystem einen Zustand erreicht, bei dem das Rauschen gelöscht ist. Physikalische Veränderungen in der Umwelt des Hörgeräts und seines Benutzers sowie Grenzen des Algorithmus, der das System kontrolliert, erklären, dass die komplette Löschung nicht immer erreicht werden kann und deshalb die Algorithmus-Kontrolleinheit 79 eingefügt wird.

Nachfolgend wird das eingespeiste Rauschsignal erklärt. Normalerweise wird das verwendete Rauschsignal N mit einer bestimmten Frequenzcharakteristik verwendet, beispielsweise mit einem konstanten Pegel über den ganzen Frequenzbereich, über den das Hörgerät eingesetzt wird, ein sogenanntes weißes Rauschsignal. Hier kann ein Pseudorandom-Binärsequenz-Rauschsignal mit passender Bitwiederholung benutzt werden. Dieses Rauschsignal kann sehr einfach erzeugt werden wie beispielsweise durch den Einsatz der Schaltung aus Figur 4,

das heisst durch ein getaktetes Schieberegister 103 mit mehrfacher Rückkopplung über ein exklusives Oder-Glied 105. Eine solche Schaltung kann Signale mit Mustern erzeugen, die sich nach allen $2^M - 1$ Bit wiederholen, wobei M die Anzahl der Stufen im Generator ist. Das zufriedenstellende Rauschsignal erreicht eine Wiederholungslänge von 127 bis 32.767 Samples bei einer Verwendung von 7 bis 15 Stufen in der Schaltung.

Die Wahl des Rauschsignals beruht auf dem Wunsch, eine niedrige Autokorrelation über eine gewisse Zeitspanne zu besitzen, die die gleiche Größenordnung wie die Zeit-Konstante der Anpassungsschaltung besitzt, das bedeutet typischerweise etwas über eine Sekunde. Wenn das akustische Rückkopplungssignal periodisch ist wie beispielsweise ein Sinussignal, kann eine stabile Einstellung nicht immer erreicht werden und in einer solchen Situation kann die Anpassungsschaltung wandern, das wiederum bewirkt, dass der Benutzer Signale hören kann. Solche Effekte können durch eine zunehmende Randomisation im Rauschgenerator beseitigt werden. Das zeigt Figur 5, wo das Ausgangssignal der Rauschgeneratorschaltung 103 und 105 zu einem Eingang eines weiteren exklusiven Oder-Gliedes 107 geführt wird, der andere Eingang von 107 wird von einem Zufallsgenerator 109 gespeist, der beispielsweise das letzte bedeutende digitale Ausgangsglied des A/D-Wandlers 17 im Hörgerät sein kann. Das erhöht den Effekt hinsichtlich des Randomierens der Bitsequenz beträchtlich und demgemäß wird ein mögliches Wandern vermieden. Die Rauschgeneratorschaltungen in Figur 4 und 5 entsprechen denen der erwähnten europäischen Anmeldung mit der Nr. 90 30 93 42.5.

Weitere Einzelheiten der erfindungsgemäßen Hörgerätes zeigt Figur 2, einschließlich eines durch den Benutzer beeinflussbaren Lautstärkereglers 73 und eines entsprechenden

Regelwiderstands 75, der den Pegel des Begrenzers 15 einstellt.

Gewöhnlicherweise besitzt ein Hörgerät einen Lautstärkeregler, der durch den Benutzer beeinflusst werden kann. Dieser kann in den Mikrofonverstärker oder vor dem Ausgangsverstärker eingebracht werden, aber in beiden Fällen muß der Anpassungsfilter 27 seine Koeffizienten verändern, wenn sich die Parameter des Lautstärkereglers verändern. In Figur 2 wird ein Mehrfachverstärker 27 gezeigt, der sich zwischen dem Abgriff 39 und dem Begrenzer 15 befindet.

Der Verstärker 77 ist an den Lautstärkeregler 73 über den A/D-Wandler 67 gekoppelt und vom Eingang des Verstärkers 77 verläuft eine digitale Leitung 86 zur Algorithmus-Kontrolleinheit 79, so dass die Schaltung die Lautstärkeparameter abfragen kann.

Der Begrenzer 15 ist über den A/D-Wandler 69 mit dem Potentiometer 75 gekoppelt und kann deshalb ebenfalls durch den Benutzer beeinflusst werden. Da die Begrenzerschaltung den maximalen Schalldruckpegel einstellt, der auf das Ohr des Benutzers trifft, ist es vorteilhaft, dass der Begrenzer 15 durch den Benutzer beeinflusst werden kann. Es ist vorteilhaft, dass der Ausgangspegel verringert werden kann, ohne den Verstärkungsfaktor des Verstärkers zu reduzieren. Der maximal positive und negative Schalldruck ist demgemäß durch den Benutzer mit dem Potentiometer 75 reguliert. Weiterhin zeigt Figur 2, dass die zwei Potentiometer 73 und 75 über die gemeinsame Quelle der Referenzspannung 71 verknüpft sind.

Eine optimale Anpassung kann über den Pegel des eingespeisten Rauschens reguliert werden. Figur 2 zeigt, dass der Verstärker 35 nach dem Rauschgenerator 33 durch eine Recheneinheit 65 kontrolliert wird, beispielsweise in Form

eines einstufigen Rekursivfilters, der beispielsweise in Figur 6 dargestellt ist. Über den bi-direktionalen Anschluss 82, 83 ist das Glied 65 mit der Algorithmus-Kontrolleinheit 79 gekoppelt, so dass das Glied 79 das Rauschsignal von der Einheit 65 erhält und so, dass das Signal-Rauschverhältnis über die Algorithmus-Kontrolleinheit 79 eingestellt werden kann.

Aus Figur 6 wird deutlich, dass der Eingang des Gliedes 65 vom Anschlusspunkt 63 stammt (vgl. Figur 2), der sich zwischen dem Punkt 39 am Eingang des Korrelators und dem Einspeisen des Rauschens 21 befindet. Die Recheneinheit 65 besitzt ein mehrwertiges Ausgangssignal, das eine Funktion des Pegels am Punkt 63 ist und vorteilhafterweise so gewählt wird, dass die Summe des Soll-Signals vom Begrenzer 15 und vom Rauschsignal zusammen den Sättigungspegel in den Komponenten nicht überschreiten, das trifft insbesondere für den Summierer 21, den D/A-Wandler 19, den Ausgangsverstärker 9 und den Wandler 11 zu.

Der Rekursivfilter 65 ist von erster Ordnung und schließt eine erste Schaltung 111, die den absoluten Signalpegel misst, mit ein, das in Figur 6 dargestellt ist. Daran anschließend befindet sich der erste Vervielfacher 113, der ein Ausgangssignal von einem $1/16$ des Originalpegels produziert, und dieses Signal wird zum Addierer 115 geführt, welcher über den Verzögerungskreis des Verzögerers 117 ein weiteres Signal, mittels eines zweiten Vervielfachers 119 von $15/16$, erhält. Von diesem Teil des ersten Rekursivfilters wird hierbei das Ausgangssignal in einen bestimmten Faktor eingeteilt, z. B. zwischen einem Viertel und einem Sechzehntel. In diesem Punkt entspricht die Schaltung der erwähnten europäischen Anmeldung Nr. 90 30 93 42.5. Die Schaltung ist über die Anschlüsse 82 und 83 mit der Algorithmus-Kontrolleinheit gekoppelt, so dass das

Signalrauschverhältnis über die Algorithmus-Kontrolleinheit 79 verändert werden kann.

Der Korrelator 31 und der FIR-Filter 27 sind im Detail in Fig. 3 dargestellt. Der FIR-Filter 27 ist ein Standarddigitalfilter, der die Verzögerungsleitung 41, einen ersten Multiplikator 45 vor der ersten Verzögerungsstufe 43 und einen weiteren Multiplizierer 45 nach jeder Verzögerungsstufe besitzt. Alle Multiplizierer 45, jeweils mit einem digitalen Summierer 49, sind parallel verschaltet.

Das digitale Signal der Verzögerungslinie k passiert eine Anzahl von Verzögerungsstufen 43, um eine Serie von sequenziellen Signalsamples $x(n)$, $x(n-1)$, $x(n-2)$... etc. zu erzeugen, wobei $x(n)$ das letzte Beispiel des Signals ist. Jedes Sample verzögert eine Periode, die von der Hauptuhr kontrolliert wird, welche den A/D-Wandler 17 und D/A-Wandler 19 kontrolliert. Für ein im Ohr getragenes Hörgerät ist die obere Frequenzgrenze typischerweise in der Größenordnung um 7 kHz. Das erfordert, dass die Frequenz der Hauptuhr mindestens 16 kHz und in der Praxis mindestens 20 kHz beträgt. In den meisten Fällen ist für hinter dem Ohr getragene Hörhilfen die Bandbreite ein wenig geringer, so dass eine geringere Haupttaktfrequenz um die 10 kHz angemessen ist. Vorteilhafterweise kann ein Haupttakt-Oszillator benutzt werden, der einen kontrollierbaren Kapazitätsfilter einschließt und der vorab so eingestellt werden kann, dass er eine Haupttaktfrequenz entweder von 10 kHz oder 20 kHz produzieren kann. Der FIR-Filter 27 ist so angeordnet, dass er dem FIR-Filter in der erwähnten europäischen Anmeldung mit der Nr. 90 30 93 42.5 entspricht.

Die Filterfunktion lautet wie folgt:

$$y(n) = \sum_{m=0}^{N-1} [h(m) * x(n-m)]$$

In diesem Ausdruck wird jeder Koeffizient $h(m)$ von jedem Durchgang des Haupttaktes aktualisiert und ein neues Ausgangssignal $y(n)$ wird berechnet. Die Anpassung erfolgt durch eine kontrollierte Einstellung des Koeffizientenwertes $h(m)$. Für diesen Zweck ist der Korrelator 31 in der Figur 3 dargestellt. Der Korrelator 31 ist vorteilhafterweise so ausgelegt, dass sich der Filter 27 dem Widrow-Hoff-Algorithmus anpasst (B. Widrow et al "Stationary and non-stationary learning characteristics of the LMS adaptive filter", Proc. IEEE volume 24 pages 1161 - 1162, August 1976). Jeder Koeffizient $h(m)$ wird bei jedem Durchgang angepasst, wobei die Anpassung durch Zunehmen oder Abnehmen der Koeffizientenwerte, das heißt deren Größenordnung und deren Merkmale, erfolgt, das vom Korrelator 31 ausgeführt wird. Jeder Koeffizient $h(m)$ wird unabhängig in seinem eigenen Akkumulator 59 gespeichert.

Der Korrelator 31 enthält eine Verzögerungslinie 51 mit einer Anzahl von Ein-Bit Verzögerungsstufen 53. Die Nummern der Stufen entsprechen den Nummern der Stufen 43 im FIR-Filter 27. Das Eingangssignal der Verzögerungsleitung 51 und das Ausgangssignal von jeder Verzögerungsstufe 53 sind an den Referenzeingang der digitalen Vervielfacherstufe 55 gekoppelt. Der zweite Eingang von jeder Vervielfacherstufe 55 ist an eine digitale Gemeinschaftsleitung 39 verschaltet. Die Verzögerungsleitung 51 ist so gekoppelt, dass sie das Rauschsignal N von der Rauschquelle 33 und die Verzögerungslinie 30 empfängt, während die digitale Gemeinschaftsleitung 39 mit d verbunden ist, um das Restsignal zu empfangen. Der Ausgang von jeder

Vervielfacherstufe 55 ist an den Anpassungsmaßstabs-Faktor 61 gekoppelt, der über den Summierer 57 das Signal für den Koeffizienten Akkumulator 59 versorgt. Diese Schaltung entspricht der in der erwähnten europäischen Patentschrift mit der Nr. 90 30 93 42.5 erklärten Schaltung. Das Koeffizientenregister 91 wird als Zusatz eingeführt. Zur Zeit $n=0$ werden alle Koeffizienten über die Leitung 89 in ihr Kopierregister 91 kopiert. Der Unterschied zwischen der Kopie und dem Ist-Wert des Koeffizienten wird über den Summierer 90 gemessen und dieser Unterschied wird über die Leitung 81 zur Algorithmus-Kontrolleinheit 79 gesendet. Über die Leitung 80 wird von der Algorithmus-Kontrolleinheit 79 die Größenordnung der Aktualisierung der einzelnen Koeffizienten auf Basis der Parameter, die in die Algorithmus-Kontrolleinheit 79 geführt werden, kontrolliert und im Folgenden erklärt.

Um sicher zu stellen, dass das Hörgerät mit eingebauter digitaler Rückkopplung nicht von seinem eigenen Antrieb heraus zu oszillieren beginnt, muss sichergegangen werden, dass die Aktualisierung des Korrelators 31 auf der Basis eines Algorithmus beruht, welcher diesen Fehler im Filter in Erwägung zieht und von Nachfolgendem abhängt:

Anzahl der Koeffizienten, dem Signal-Rauschverhältnis, dem Eingangsspegel, der Lautstärke und vom Umfang, in dem das Signal einer Rechteckform entspricht. Hier wieder in einer Gleichung ausgedrückt:

31.03.00

$$\mu = \frac{k}{E(s) \cdot S/N \cdot \text{vol} \cdot (L-1)^2}$$

Wobei,

$E(s)$ der Einfluss der Eingangs-Amplitude,

S/N der Einfluss des Signals/Rauschverhältnisses,

vol der Einfluss der Lautstärke,

$(L-1)^2$ der Einfluss der Koeffizientenzahl ist und

der über das S/N -Verhältnis beeinflusste Pegel der Rechteckform, in dem

$$S/N = \frac{E(s) \cdot \text{vol}}{E(\text{Rauschen})}$$

K konstant,

$E(\text{Rauschen})$ die Amplitude des Rauschsignals ist.

Ein solcher Algorithmus kann dadurch charakterisiert werden, dass er ein Algorithmus ist, der statistisch zuverlässig die Aktualisierung des Filters unterstützt, wenn die externe Rückkopplung konstant ist.

Ein Hörgerät mit einem solchen Algorithmus wird sich nicht besonders schnell an Veränderungen im Kopplungspfad anpassen können. Seit die statistische Wahrscheinlichkeit der Veränderungen in den Filterkoeffizienten, das heißt, wenn Veränderungen in der Zahl der Filterkoeffizienten stattfinden, die eine Veränderung durchmachen, bekannt ist,

kann hierbei ermittelt werden, wann eine bedeutsame Veränderung im Rückkopplungspfad stattfindet. Wenn zum Beispiel bestimmt ist, dass eine bedeutsame Veränderung im Rückkopplungspfad vorhanden ist, wenn die Koeffizienten im Filter die vierfache Standardabweichung übersteigen, geschieht eine bedeutsame Veränderung im akustischen Rückkopplungspfad. Sobald die Algorithmus-Kontrolleinheit 79 eine solche Veränderung wahrnimmt, reagiert die Schaltung mit einer beschleunigten Anpassung, indem das Einspeisen eines stärkeren Rauschens über die Leitung 82 und/oder einer anderen Weise erfolgt, wie beispielsweise durch ein größeres μ , eine größere Anpassungsrate, wobei die Anpassungsschaltung den FIR-Filter schnell in einen Zustand bringt, in dem der volle Ausgleich durch die Änderungen im akustischen Rückkopplungspfad erzielt wird. Sobald die Algorithmus-Kontrolleinheit 79 feststellt, dass die Koeffizienten wieder stabil sind, wird der Rauschpegel oder der μ -Wert reduziert und die Rückkopplungsschaltung arbeitet in Übereinstimmung mit ihrem sicheren Algorithmus.

Ein erfindungsgemässes Hörgerät mit einem solchen "doppelten Algorithmus" ist dazu in der Lage, beträchtlich schneller zu reagieren, als ein bekanntes Hörgerät, gemäß der europäischen Patentanmeldung mit der Nr. 90 30 93 42.5, sogar wenn ein 6 dB geringeres Rauschen im statistisch sicheren Zustand eingespeist wird, so dass ein möglicher Einfluss auf den Komfort des Benutzers weiter reduziert werden kann.

Das Hörgerät kann vorteilhafterweise funktionieren, auch wenn es für mehr als zwei Wahlmöglichkeiten ausgelegt ist, dieses Kriterium wurde lediglich dafür in die Schaltung eingeführt, um festzustellen, unter welchen Bedingungen eine Entkopplung vom Basisalgorithmus zu einem alternativen Algorithmus stattfindet.

31.03.00

EP 93 908 828.2 / 0 634 084
GN Resound A/S

Ansprüche:

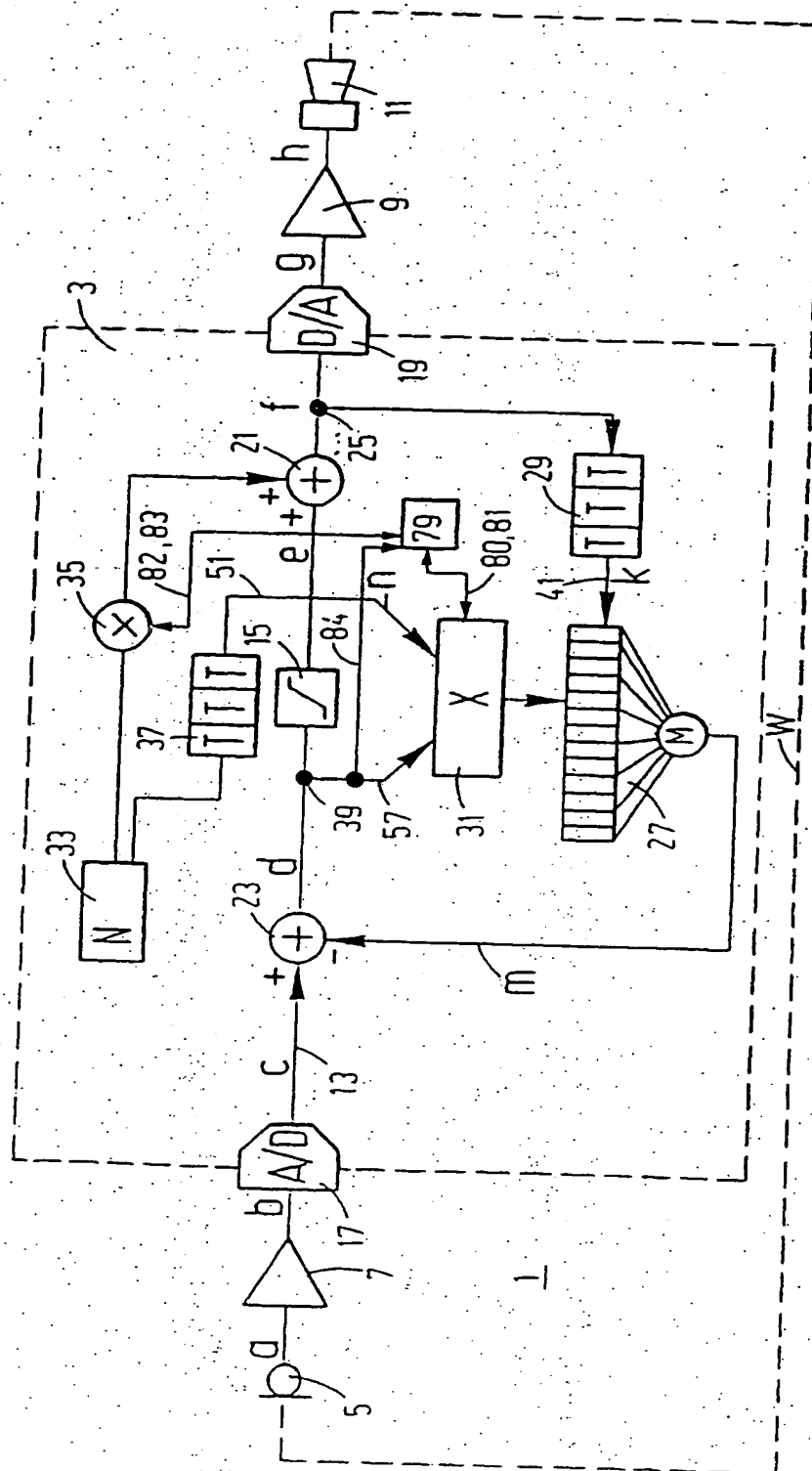
1. Hörgerät, in dem die akustische Rückkopplung zwischen dem Wandler (11) und dem Mikrofon (5) elektronisch mittels eines elektrischen Rückkopplungssignals ausgeglichen wird, das mittels eines einstellbaren Digitalfilters (27) erzeugt wird, wobei die Koeffizienten von diesem in Übereinstimmung mit der aktuellen akustischen Rückkopplung eingestellt werden, und bei dem das Mikrofonsignal in digitale Signale (17) umgewandelt wird, die einen Amplitudenbegrenzer (15) passieren, der verhindert, dass der Wandler seinen nichtlinearen Bereich verlässt, und bei dem ein digitales Rauschsignal (33, 21) sowie das elektrische Rückkopplungssignal in Form eines digitalen Ausgleichssignals (27, 23) zum Mikrofonsignal hinzugefügt wird, wobei nach diesem das Gesamtsignal zu einem Digital-Analog-Wandler (19) geführt wird, von dem das analoge Signal zu einem Wandler (11) über einen Verstärker (9) geführt wird, und bei dem das Digitalfilter (27) über einen Korrelator (31) gesteuert wird, und das Hörgerät auch eine digitale Schaltung (79) enthält, die die Aktualisierung der Koeffizienten des Digitalfilters (27) überwacht und kontrolliert, **dadurch gekennzeichnet**, dass die digitale Schaltung (79) den Korrelator (31) steuert, der den Digitalfilter (27) mit Filterkoeffizienten versorgt, dass die digitale Schaltung (79) zur Überwachung und Steuerung der Aktualisierung der Koeffizienten im Digitalfilter (27) in Übereinstimmung mit einer Funktion, die zwei oder mehr Anpassungsraten besitzt, ausgelegt ist, wobei durch wenigstens eine Anpassungsrate die Aktualisierung beträchtlich schneller als durch die zweite oder die anderen Anpassungsraten vorgenommen wird, und dass die digitale Schaltung (79) zur Steuerung der Umstellung der Anpassungsrate, mit welcher die Aktualisierung des Digitalfilters (27) gegenwärtig ausgeführt wird, auf der Grundlage einer Auswertung der Standardabweichung der

31.03.00

Filterkoeffizienten ausgelegt ist, wobei die Aktualisierung durch den Korrelator (31) durchgeführt wird.

2. Hörgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die digitale Schaltung (79) die Auswertung auf der Grundlage einer Überwachung aller Filterkoeffizienten, die gegenwärtig verändert werden, ausführt.

Fig. 1



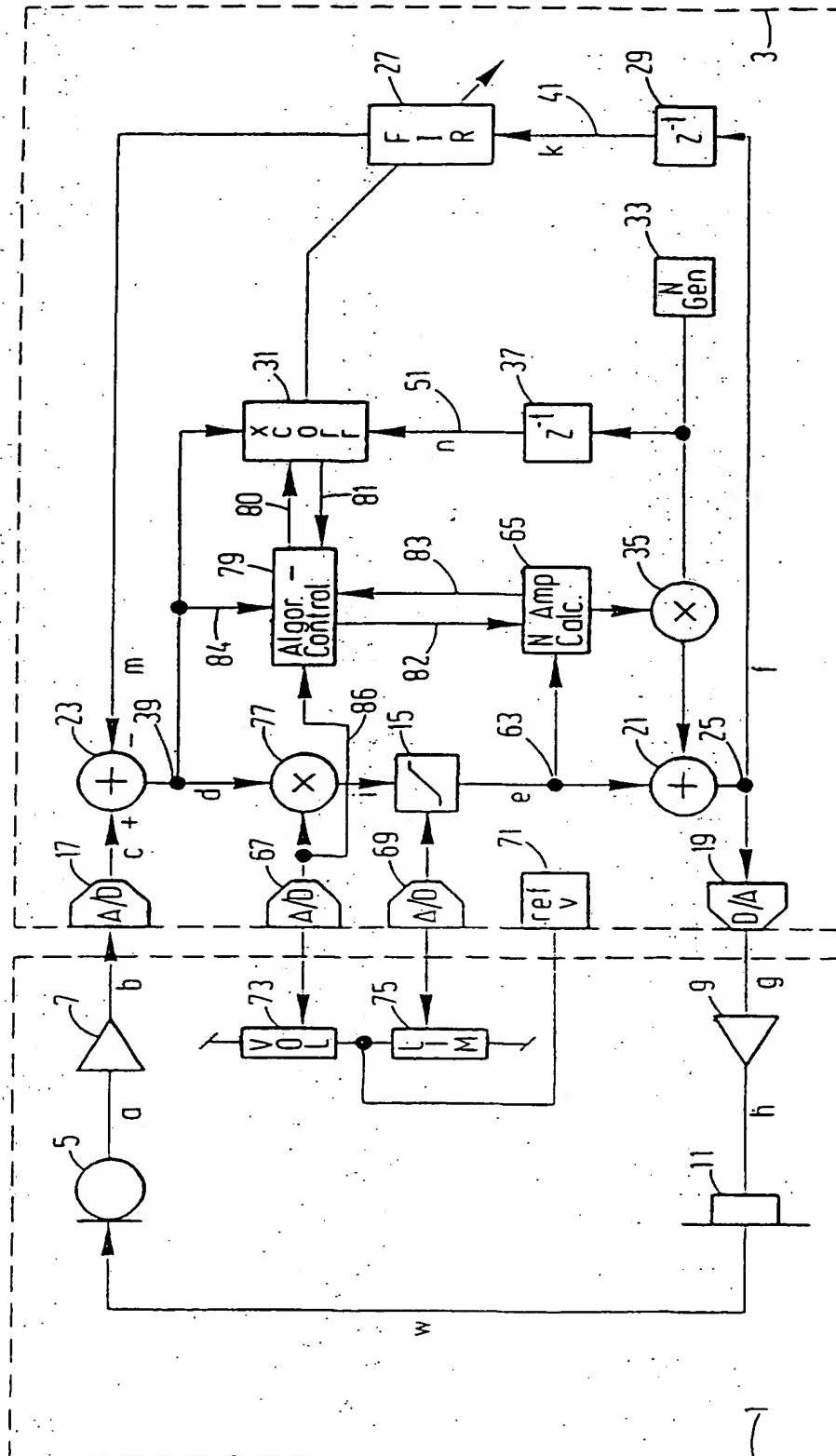


Fig. 2

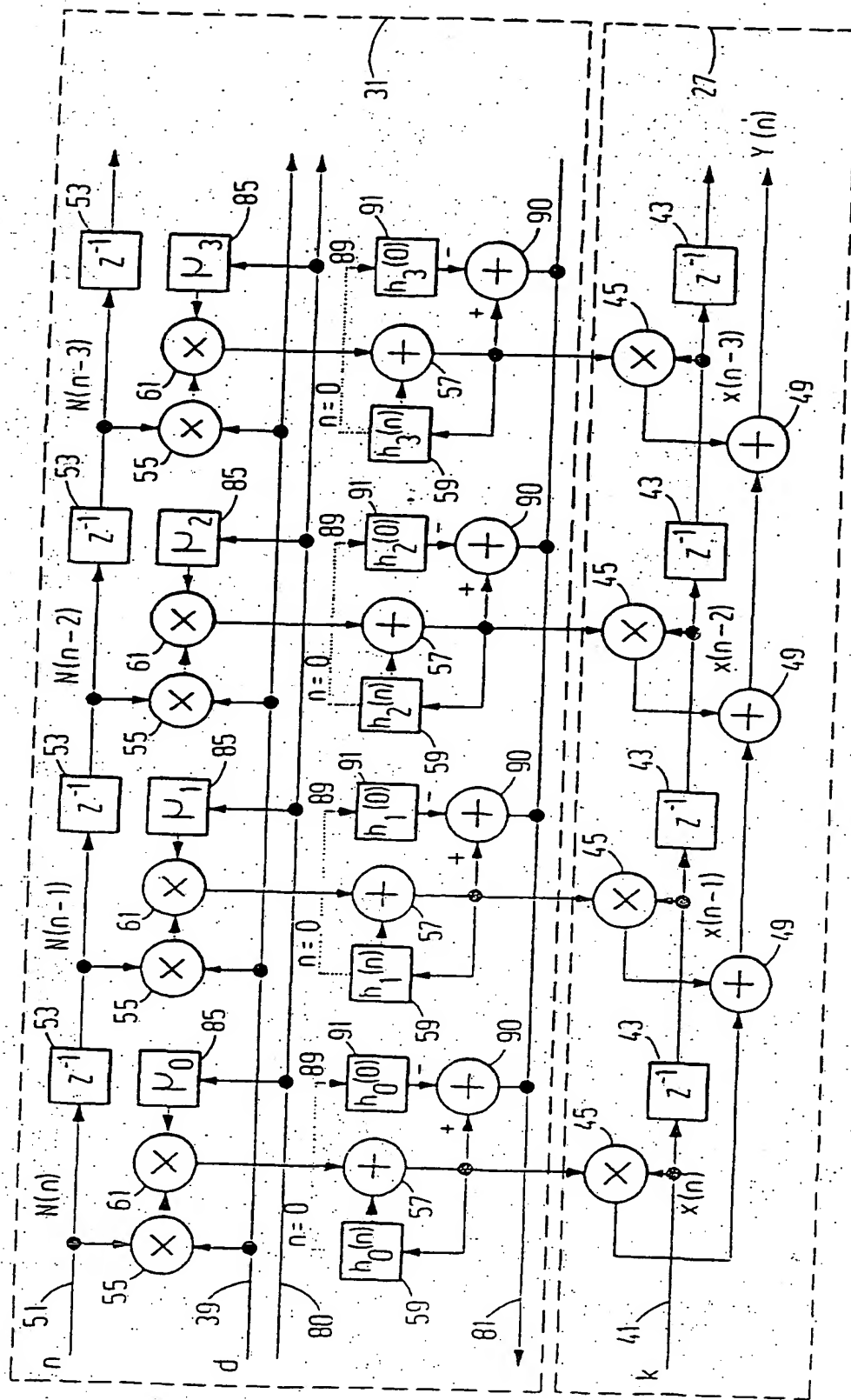


Fig. 3

Fig. 4

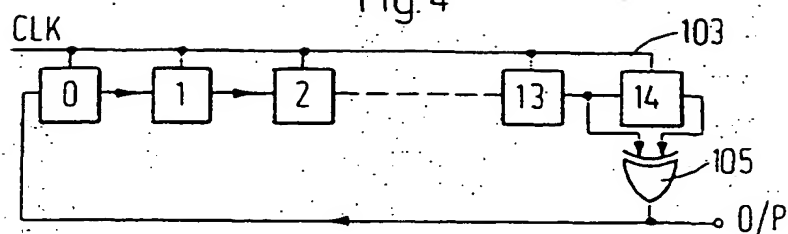


Fig. 5

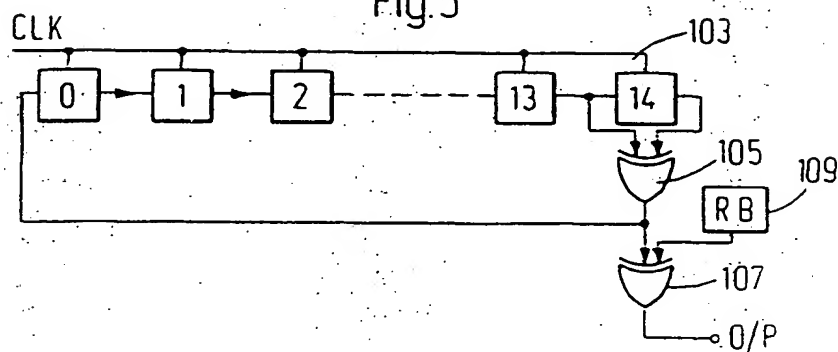


Fig. 6

